

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ФАКУЛЬТЕТ	<u>Недропользования и наук о Земле</u> (название)
КАФЕДРА	<u>Геоинформатики, геодезии и землеустройства</u> (название)
НАПРАВЛЕНИЕ	<u>21.03.02 «Землеустройство и кадастры»</u> (название)
ПРОФИЛЬ	<u>«Землеустройство и кадастры»</u> (название)

**ОТЧЕТ**  
**по лабораторной работе №2**  
**на тему: «Нивелирование III класса»**

Дисциплина: «Геодезия»

Выполнил: студент гр. ЗК-21

\_\_\_\_\_

(подпись)

Воронина Д.К.

(Ф.И.О.)

Проверил: доцент

\_\_\_\_\_

(подпись)

Мотылёв И.В.

(Ф.И.О.)

г. Донецк - 2022

Содержание

Методика полевых работ.....	3
Методика вычислений на станции.....	4
Методика постраничных контрольных вычислений.....	5
Вычисления по секции.....	8
Исследование средней длины 1 м комплекта реек.....	9
Учет поправки в суммарное превышение по секции за среднюю длину 1 м комплекта реек.....	10
Составление итоговой ведомости превышений.....	12
Заключение о качестве выполненного нивелирования.....	13
Список литературы.....	14

## Методика полевых работ

Нивелирование III класса выполняют в прямом и обратном направлениях. Расстояние от нивелира до реек измеряют тросом или другим способом. Длина визирного луча при четких и спокойных изображениях и увеличении трубы 35х допускается до 100 м, но, как правило, не должна быть более 75 м. Неравенство плеч на станциях должно быть не более 2 м, а накопление их по секции — не более 5 м. Высота визирного луча над подстилающей поверхностью должна быть не менее 0,3 м.

Нивелирование выполняется по секциям; на каждой секции нумерацию станций начинают с первого номера. При нивелировании следят за правильным чередованием реек; при соблюдении условия знак у разности высот нулей реек на последующей станции будет обратным знаком на предыдущей. При перерывах нивелирование следует заканчивать на постоянном знаке или на последних двух станциях — на трех кольях, забитых в дно ям глубиной 0,3 м. После выполнения нивелирования на обеих станциях колья слегка засыпают землей, а после перерыва вновь измеряют превышение на последней станции. Если превышение изменилось не более, чем на 3 мм, то из обоих превышений берут среднее и продолжают ход, в противном случае измеряют превышение на предпоследней станции, устанавливают, какая из точек не изменила своего положения по высоте, и от нее продолжают ход. Если расхождение и в этом случае более 3 мм, то нивелирование по секции выполняют заново от постоянного знака.

При привязке нивелирных ходов к стенным маркам применяют подвесную рейку длиной 1,2 м с такими же делениями, как и на основных рейках. Нуль на подвесной рейке совмещается при ее подвеске с центром марки, к которой отнесена высота. При отсутствии подвесной рейки используют линейку с миллиметровыми делениями или на стене, на которой

установлена марка, отмечают проекцию трех нитей нивелира, а затем замеряют стальной рулеткой или линейкой расстояния от центра марки до проекции нитей. Отсчеты в делениях рулетки или линейки переводят в систему делений на рейке. Эти наблюдения при привязке выполняют дважды, изменяя перед повторными наблюдениями высоту нивелира на 3 см и более.

Нивелирование выполняют при спокойных и четких изображениях реек. В ясные солнечные летние дни из-за сильного влияния рефракции не следует производить нивелирование в течение 1— 1,5 ч после восхода солнца и перед заходом солнца.

Нивелирование на станции выполняют в следующем порядке. Нивелир приводят в рабочее положение с помощью установочного уровня, наводят зрительную трубу на черную сторону задней рейки и, приводя пузырек цилиндрического уровня в нуль-пункт элевационным винтом, берут отсчеты по средней и дальномерным нитям. При работе нивелиром с компенсатором наблюдения выполняют сразу после приведения нивелира в рабочее положение с помощью установочного уровня. Затем наводят трубу на черную сторону передней рейки и в таком же порядке производят отсчеты. После этого поворачивают рейки красной стороной и производят отсчеты по передней, а затем задней рейке, но только по средним нитям. Результаты наблюдений записывают в нивелирный журнал.

### **Методика вычислений на станции**

По отсчетам по дальномерным нитям подсчитывают расстояния разностей задних и передних реек. Полученные расстояния сравнивают с результатом непосредственного измерения тросом. Затем по отсчетам по задней и передней рейкам подсчитывают контрольные превышения, полученные по дальномерным нитям, с одной стороны и с другой стороны должны дать одинаковые результаты. Полученное число — неравенство плеч

записывают в числитель. Если ход только начался, это же число повторяют еще раз в знаменателе. При продолжающемся ходе к нему прибавляют величину накопления неравенства плеч, полученную на всех предыдущих станциях.

На правой стороне журнала вычисляют превышения по средней нити по черной и красной сторонам реек. Разность превышений по красной и чёрной сторонам реек должна дать расхождение  $d_n$  нулей на задней и передней рейках. Уклонение полученной величины от найденной при исследовании допускается до 3 мм. Далее вычисляются разности нулей красной и черной сторон каждой рейки. Контролем вычислений при этом будет равенство разности превышений по красной и чёрной сторонам реек и разности нулей красной и черной сторон каждой рейки.

Затем вычисляют среднее из превышений  $h_ч$  по черной и  $h_к$  красной сторонам реек с учетом разности нулей красных сторон пары реек

$$h_{cp} = \frac{h_ч + (h_к \pm d_n)}{2}$$

При нивелировании III класса должны соблюдаться следующие контрольные допуски:

- Разность между значениями превышений, полученными по черным и красным сторонам реек с учетом разности нулей сторон пары реек  $+ d_n$  не должна быть более 3 мм;
- Среднее из отсчетов по дальномерным нитям не должно отличаться от отсчетов по средней нити той же рейки больше чем на 3 мм.

### **Методика постраничных контрольных вычислений**

Работу начинают с полной и тщательной проверки всех вычислений при исследовании нивелира и реек, а также проверки всех записей и вычислений на станции. Хотя в вычислениях на станции имеется достаточно контролей, однако в процессе полевой работы могут быть допущены

просчеты и промахи. Для контроля выполненных в поле вычислений на станциях в нивелирных журналах производят постраничные контрольные вычисления, или постраничный контроль.

В журнале нивелирования III класса постраничный контроль состоит в вычислении:

- Сумму разностей отсчетов по дальномерным нитям по задней (1) и передней (2) рейкам;
- Сумму контрольных превышений, которую делят пополам и получают контрольное превышение на странице;
- Сумму отсчетов по задней рейке по черной и красной сторонам (3);
- Сумму превышений (4);
- Сумму средних превышений (5).

При отсутствии просчетов должны выполняться следующие равенства:

(3) - (6) = (4) и  $\frac{1}{2}(4) = (5)$  (6 – сумма отсчетов по передней рейке) при четном числе штативов на странице; при нечетном числе штативов на странице к (4) следует прибавить разность нулей красных сторон пары реек  $d_n$  с тем знаком, какой она имела на последнем штативе.

Сумма контрольных превышений не должна выходить за пределы суммы средних превышений  $-(5) \pm n$ , где  $n$  — число станций на странице.

По окончании постраничного контроля по каждой секции нивелирного хода производят также контрольные вычисления. Для этого в нивелирном журнале в конце секции суммируют результаты контрольных вычислений каждой страницы. При этом должны иметь место следующие равенства:

$$\sum (3) - \sum (6) = \sum (4) \text{ и } \frac{1}{2} \sum (4) = \sum (5).$$

По величинам (1) и (2) подсчитывают длину секции;

$$L_{км} = \frac{i \sum (1) + \sum (2) \vee K}{1000000},$$

где  $K$  — коэффициент дальномера. Здесь же указывают число штативов (станций) по секции  $n$ .

Заканчивают подсчеты по секции вычислением исправленного за длину среднего метра реек превышения.

Поправку в превышение за длину среднего метра пары реек определяют по результатам исследования реек перед началом работ и после их окончания. При этом поправочный коэффициент одного метра пары реек  $\sigma_{m_i}$  вычисляют на день производства нивелирования. Его величину подсчитывают из выражения:

$$\sigma_{m_i} = \sigma_{m_n} + \frac{\sigma_{m_k} - \sigma_{m_n}}{N} N_i$$

где  $\sigma_{m_i}$  и  $\sigma_{m_k}$  — поправочный коэффициент, определенный перед началом и после окончания работ;  $N$  — число дней, прошедших между моментами определения поправочного коэффициента;  $N_i$  — число дней, прошедших от момента определения поправочного коэффициента в начале сезона до момента определения превышения. Поправку в превышение за длину среднего метра получают, умножив  $\sigma_{m_i}$  на величину превышения,  $\delta h = \sigma_{m_i} \cdot h$ . Исправленное превышение определяют, прибавив  $\delta h$  к измеренному превышению. Заканчивают контрольные вычисления по секции выпиской исправленного превышения в метрах.

## Вычисления по секции

№ шт. № реек	Наблюдения по дальномерным нитям			Наблюдения по средней нити			Среднее превыше ниж, мм
	Задняя ройка	Передняя ройка	Контр. превыш	Задняя ройка	Передняя ройка	Превыше ниж	
	148 <del>2</del>	225 <del>0</del>	-76 <del>11</del>	123 <del>3</del>	2000 <del>4</del>	-76 <del>14</del>	-766,5 <del>4</del>
1	098 <del>8</del>	1750 <del>8</del>	-76 <del>82</del>	591 <del>8</del>	656 <del>6</del>	-64 <del>95</del>	
	-049 <del>8</del>	-0500 <del>18</del>	+1/ <del>13</del>	468 <del>10</del>	456 <del>67</del>	-11 <del>88</del>	
	1824	1531	293	1573	1281	+292	+291,5
2	1324	1031	293	6139	5965	+174	
	-0500	-0500	0/+1	4566	4684	+118	
	1904	0901	1003	1653	0651	+1002	+1001,5
3	1403	0401	1002	6335	5217	+1118	
	-0501	-0500	-1/0	4682	4566	-116	
	1734	1201	533	1483	0951	+532	+531,0
4	1233	0701	532	6048	5635	+413	
	-0501	-0500	-1/-1	4565	4684	+119	
Постр. контр	-2001 <del>20</del>	-2000 <del>21</del>	212 <del>22</del> 1061,5 <del>27</del>	3038 <del>1</del> 2826 <del>4</del> 211 <del>20</del>	28266	211 <del>25</del> 1057,2 <del>9</del>	-1057,5 <del>28</del>
	0859	2368	-1509	0610	2116	-1506	-1505,5
5	0359	1867	-1508	5293	6681	-1388	
	-0500	-0501	+1/0	4683	4565	-118	
	1902	0779	1123	1650	0529	+1121	+1122,0
6	1398	0279	1119	6216	5210	+1006	
	-0504	-0500	-4/-4	4566	4681	+115	
	2234	1960	274	1929	1645	+284	+284,5
7	1623	1331	292	6612	6210	+402	
	-0611	-0629	+18/+14	4683	4565	-118	
Постр. контр	-1615	-1630	-209	22310	22391	-198	-99,0
			-104,5	22391		-99,0	
				-81			
Посек. контр.	-3616 <del>120</del>	-3630 <del>121</del>	1914 <del>122</del> 95 <del>127</del>	52691 <del>123</del> 5065 <del>124</del> 2034 <del>30</del>	50657 <del>124</del> 1917 <del>125</del> 958,5 <del>31</del>	1917 <del>125</del> 958,5 <del>31</del>	958,5 <del>126</del>

Вычисления на станции:

$$(9) = (3) - (2) \quad (10) = (6) - (5) \quad (11) = (2) - (5) \quad (12) = (3) - (6)$$

$$(13) \text{ числитель} = (9) - (10), (13) \text{ знаменатель} = \text{знаменатель (13)}$$

предыдущей станции + числитель (13) текущей станции

$$(14) = (1) - (4) \quad (15) = (8) - (7) \quad (16) = (8) - (1) \quad (17) = (7) - (4)$$

$$(18) = (17) - (16) \quad (19) = \frac{1}{2} [(14) + (15) \pm \Delta]$$

$\Delta$  – разность пяток пары реек, полученная при исследовании; берется со знаком, который имеет (18) на текущей станции

Контроли на станции:

1 – высота визирного луча должна быть более 0,3 м, т.е. отсчет (1)

>>0300, отсчет (4) > 0300;

2 – неравенство расстояний от нивелира до реек не должно превышать 2 м, т.е. числитель (13) = (9) – (10) ≤ 20;

3 – накопление неравенства плеч в секции не должно превышать 5 м, т.е. знаменатель (13) ≤ 50;



4 - отсчет по средней нити по черной стороне каждой рейки не должен расходиться более чем на 3 мм с соответствующей полусуммой отсчетов по дальномерным нитям:

$$\left| (1) - \frac{(2)+(3)}{2} \right| \leq 3 \text{ мм} \qquad \left| (4) - \frac{(5)+(6)}{2} \right| \leq 3 \text{ мм}$$

5 - расхождение между значениями превышения, полученными по черным и красным сторонам реек, не должно быть более 3 мм с учетом разности высот пары реек:  $\left| (14) - [(15) \pm \Delta] \right| \leq 3 \text{ мм}$

Постраничный контроль:

$$(20) = \Sigma(9) \qquad (21) = \Sigma(10) \qquad (22) = \Sigma(11) + \Sigma(12) \qquad 27 = \frac{1}{2}(22)$$

$$(23) = \Sigma(1) + \Sigma(8) \qquad (24) = \Sigma(4) + \Sigma(7)$$

$$(25) = \Sigma(14) + \Sigma(15), \text{ если } k\text{-во станций на странице четное}$$

$$(26) = \Sigma(19) \qquad (28) = (23) - (24) = (25) \qquad (29) = \frac{1}{2}(25) = (26)$$

Посекционный контроль:

$$\text{Вычисляются } \Sigma(20), \quad \Sigma(21), \quad \Sigma(27), \quad \Sigma(22)$$

$$\Sigma(23), \quad \Sigma(24), \quad \Sigma(25) \quad \Sigma(26)$$

$$(30) = \Sigma(23) - \Sigma(24) = \Sigma(25)$$

$$(31) = \frac{1}{2} \cdot \Sigma(25) = \Sigma(26)$$

Длина секции:

$$l_{\text{км}} = \frac{[\Sigma(20) + \Sigma(21)] \cdot K}{1000000}, \text{ где } K - \text{коэффициент дальномера}$$

### Исследование средней длины 1 м комплекта реек

На рейку укладывают контрольную линейку и определяют длины интервалов между делениями 1-10, 10-20 и 20-29 дм. Каждый интервал

измеряют дважды, сдвигая немного контрольную линейку между первой и второй парой отсчетов. Эту работу проделывают, и в обратном направлении, определяя длины интервалов между 29-20, 20-10, 10-1 дм. Перед началом прямого и в конце обратного ходов отсчитывают температуру по термометру линейки. Расхождения между разностями отсчетов по правому и левому концам линейки для каждого интервала не должны превышать 0,10 мм. На красной стороне рейки таким же путем определяют длины интервалов 48-57, 57-67, 67-76. В вычисленные средние значения из разностей отсчетов для каждого интервала вводят поправку за длину линейки и получают исправленную длину интервала. Среднюю длину одного номинального метра одной стороны рейки вычисляют как

$$l_M = \frac{\sum l}{n},$$

где  $\sum l$  — сумма дважды измеренных частей рейки;  $n$  — число номинальных метров и их долей ( $n = 5,6$  м).

Среднюю длину метра пары реек получают как среднее арифметическое из величин  $l_m$ . В дальнейшем в измеренные превышения вводят поправку  $\delta h$  за неверность длины среднего метра. Случайная ошибка метровых интервалов реек для нивелирования III класса не должна превышать 0,5 мм.

Для нашего хода  $l_m = 117$  мм.

### **Учет поправки в суммарное превышение по секции за среднюю длину 1 м комплекта реек**

Поправку в превышение за неверность длины среднего метра реек (за компарирование) вычисляют в две руки.

Для вычисления этой поправки берут из результатов определения средней длины метра обеих реек поправочные коэффициенты одного метра пары реек, полученные при исследовании реек перед началом работ и по их окончании. Интерполированием вычисляют поправочный коэффициент на

день производства нивелирования и, умножая на этот коэффициент превышение, получают искомую поправку.

Например: поправочный коэффициент одного метра пары реек из определений перед началом работ (24 мая) равен  $-0,04$  мм, из определений по окончании полевых работ (9 сентября) равен  $+0,11$  мм. Превышение, определенное 12 июля, равно  $+29,789$  м.

Между весенним и осенним определением величины поправочного коэффициента прошло 136 дней, а между весенним определением (24 мая) и моментом определения превышения (12 июля) прошло 48 дня. Поэтому поправочный коэффициент среднего метра реек на 10 июля будет равен

$$\delta_m = -0,04 + \frac{+0,11 + (-0,04)}{136} \cdot 48 = -0,02$$

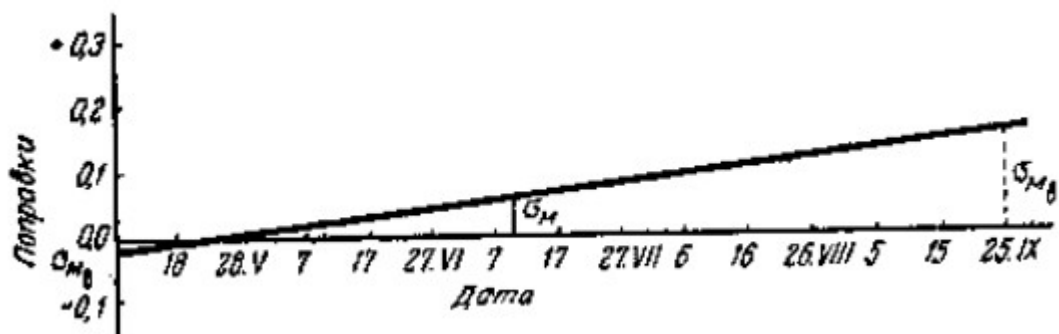
Таким образом, поправка в превышение будет равна

$$\delta_h = -0,02 \cdot (+29,79) = -0,6 \text{ мм}$$

Исправленное превышение

$$h = +29,789 + (-0,006) = 29,783 \text{ м}$$

Интерполирование поправки за среднюю длину метра на дату нивелирования удобно производить по графику, построенному следующим образом:



На миллиметровой бумаге по горизонтальной оси откладывают время с момента весеннего до осеннего компарирования реек, по вертикальной оси - поправочные коэффициенты из весеннего и осеннего компарирования.

Отложив на каждой дате компарирования соответствующие им поправочные коэффициенты, соединяют полученные точки между собой прямой.

В нашем примере поправочный коэффициент метра пары реек из исследования реек 24 мая равен  $-0,04$  мм и из исследования реек 9 сентября равен  $+0,11$  мм. Превышение, определённое 12 июля, равно  $+29,789$  м.

Поправочный коэффициент на день выполнения нивелирования находят следующим образом: из точки на горизонтальной оси, соответствующей дате нивелирования (12 июля), восстанавливают перпендикуляр к горизонтальной оси до пересечения с прямой графика. Из точки пересечения проводят прямую линию, параллельную горизонтальной оси, до пересечения с вертикальной осью и берут на ней величину поправочного коэффициента на день выполнения нивелирования ( $-0,02$  мм).

Умножая превышение, округленное до  $0,1$  м, на этот коэффициент, получают поправку за среднюю длину метра реек в превышение.

В нашем примере

$$\delta_h = -0,02 \cdot (+29,79) = -0,6 \text{ мм}$$

### **Составление итоговой ведомости превышений**

Чтобы подготовить полевые измерения для уравнивательных вычислений, на нивелирные ходы, входящие в сеть, составляют ведомости превышений и высот пунктов нивелирования. В этой ведомости указываются название хода, его исходные марки или реперы, номера секций, тип и номер нивелирного знака, тип центра, описание местоположения нивелирного знака, длины секций, расстояния от начального репера или марки, число штативов (станций) в прямом и обратном направлениях, измеренное превышение с введенными поправками за длину среднего метра реек, разности превышений по секциям прямого и обратного ходов, допустимые разности превышений, средние превышения.

В эту же ведомость заносятся выписанные из каталога высоты начального и конечного реперов (или марки), а также подсчитывается невязка хода:

$$f_h = \sum h - (H_k - H_n)$$

и предельная невязка по формуле:

$$f_h = 10 \text{ мм} \sqrt{L}$$

В ведомость превышений и высот пунктов, кроме постоянных знаков, включают и надежно закрепленные временные реперы.

### **Заключение о качестве выполненного нивелирования.**

См. след. стр.

### **Итоговый листок**

Линия: от грунт. реп. 89 до грунт. реп. 95

Секция: от грунт. реп. 89 до грунт. реп. 95

Исполнитель: Воронина Дарья

Дата: 24 сентября 2022 г.

Измеренное превышение  $h' = +959\text{мм}$

$h = +0,959\text{ м}$

Длина секции  $L = -1\text{км}$ ; число штативов  $n = 7$ .

Зафиксированные нарушения:

- Посекционный контроль, таблица – расхождение между итоговыми значениями по средней нити превышения и разности измерений по задней рейке ( $1916 = 2034$ ).

Составил: Воронина Дарья

Проверил: начальник Мотылёв

Сентябрь 2022 г.

### Список литературы

1. Селиханович В. Г. Геодезия: Учебник для вузов, Ч. II — М.: Недра, 1981. [Электронный ресурс]. – Дата обращения: 20.09.2022
2. Федеральная служба геодезии и картографии России. Геодезические, картографические инструкции, нормы и правила. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов ГКИНП (ГНТА)-03-010-02,— М.: ЦНИИГАиК, 2003.[Электронный ресурс].– Дата обращения: 20.09.2022

3. Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР. Инструкция по вычислению нивелировок, — М.: Недра, 1971. [Электронный ресурс]. – Дата обращения: 20.09.2022